

KURU KARIŞIM PÜSKÜRTME BETONUN ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Melda ALKAN ÇAKIROĞLU*, Fatih KAYA, Çiğdem YİĞİT YEDEK

Özet

Günümüzde Yapay Zekâ Yöntemleri gibi bilgisayar modelleri, uygulandığı alanda sonuçları kabul edilebilir bir yaklaşımla çözebilme kapasitesine sahip olduğu için, giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada kuru karışım püskürtme betonun basınç dayanımından ve Yapay Zekâ Yöntemlerinden biri olan Bulanık Mantık Yönteminden faydalanılarak, püskürtme betonun elastisite modülünün tahmin edilebilmesi için bir bulanık mantık algoritması tasarlanmıştır.

Kuru karışım püskürtme betonun basınç dayanımını belirlemek için TS 11747 standardına uygun olarak kare şeklinde her bir kenarı 45 cm olan 3 adet ve ACI 506 standardına uygun olarak 76 cm olan 2 adet ahşap panel hazırlanmıştır. Deneysel panellerine 12 cm kalınlığında kuru karışım püskürtme beton püskürtülmüştür. Oluşturulan panellerden narinlik oranı $\lambda = (\text{Yükseklik}/\text{çap}) = (100 \text{ mm} / 100 \text{ mm}) = 1$ olan 25 adet karot numune alınarak basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda elde edilen veriler ANFIS yönteminde girdi parametreleri olarak kullanılarak modelleme yapılmıştır.

Geliştirilen bulanık mantık modelinden elde edilen sonuçlardan, oluşturulan modellerin kuru karışım püskürtme betonun elastisite modüllerinin tahmininde kullanılabileceği öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kuru karışım püskürtme beton, Basınç dayanımı, Elastisite modülü, ANFIS

ESTIMATION OF ELASTICITY MODULUS OF DRY MIX SHOTCRETE WITH FUZZY LOGIC METHOD

Abstract

Nowadays, computer models, such as Artificial Intelligence Methods, are becoming increasingly common because it is capable of solving, results are acceptable a close approximation in application fields. In this study, a fuzzy logic algorithm was designed benefiting from compressive strength of dry mix shotcrete and Fuzzy Logic Method from one of the Artificial Intelligence Methods in order to estimate the elasticity modulus of shotcrete.

To determine compressive strength of dry mix shotcrete, in accordance with TS 11747 3 pieces each side 45 cm and in accordance with ACI 506 2 pieces each side 76 cm square shaped wood panels has been generated. 12 cm thick dry mixture shotcrete were sprayed to test panels. Created panels of aspect ratio = (height/diameter) = (100 mm/100 mm) = 1 with 25 pieces based on drilling core samples subjected to compressive strength test. Data obtained from experiments using as input parameters in the ANFIS method, a model have been improved. The results obtained from the developed model of fuzzy logic, can be used in the estimation of elasticity modules of shotcrete with dry mixtures.

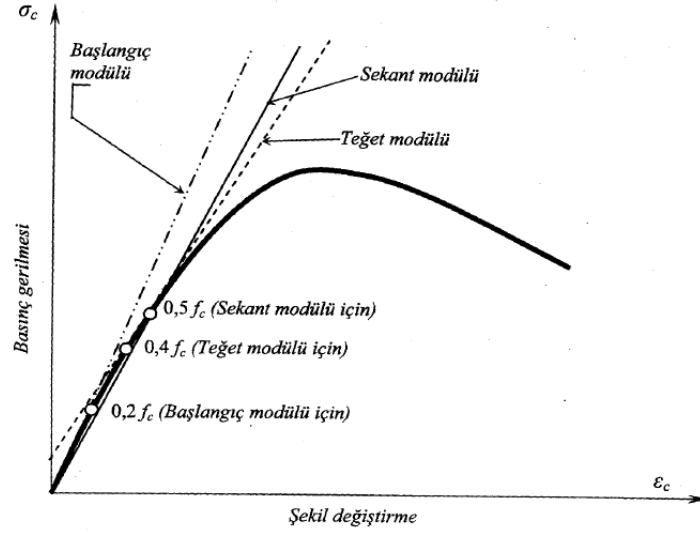
Keywords: Dry-mix shotcrete, Compressive strength, Modulus of Elasticity, ANFIS

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta

E-posta: meldaalkan@sdu.edu.tr

1. Giriş

Doğrusal ve elastik olmayan bir davranış gösteren betonun elastisite modülünü tanımlamak kolay değildir (Ersoy ve Özcebe, 2004). Beton dayanımının yaklaşık üçte birine erişmeyen düşük gerilmelerde ve kısa yüklemeler altında betonun davranışı doğrusal elastik kabul edilebilir. Gerilme-şekil değiştirme diyagramındaki bu doğrusal kısım için elastisite modülleri tanımlanmaktadır (Doğangün, 2008). Elastisite modülü, σ - ϵ eğrisinin eğimine eşit olduğuna göre, gerilme mertebesine göre değişecektir (Ersoy ve Özcebe, 2004). Beton için tanımlanan elastisite modüllerinin başlıcaları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Beton için tanımlanan elastisite modülleri (Doğangün, 2008).

Başlangıç elastisite modülü; σ - ϵ eğrisinin başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimi olarak tanımlanabilir. Bu, bazı yayınlarda dinamik modül olarak da adlandırılmıştır. Beton çok düşük gerilmelere maruz ise, başlangıç modülü kullanılarak gerçekçi sonuçlar alınabilir. Teğet modülü; σ - ϵ eğrisine herhangi bir noktada çizilen teğetin eğimidir. Pratikte bu teğet, yaklaşık olarak 0.4 f_c gerilmesi temel alınarak çizilir. Sekant modülü; orijinden, eğride herhangi bir gerilmeye tekabül eden noktaya çizilen sekantın eğimi olarak tanımlanır. Betonun, emniyet gerilmelerine yakın gerilmelere maruz olduğu durumlarda bu modül iyi sonuçlar verir. Genelde sekant modülü 0.5 f_c gerilmesine göre hesaplanır (Özkul, 2009).

Betonun basınç dayanımını ve σ - ϵ ilişkisini etkileyen bütün değişkenler, elastisite modülünü de etkiler. Bu nedenle beton gibi elastik ve doğrusal olmayan ve zamana bağlı deformasyon gösteren bir malzemenin elastisite modülünü doğru ve kesin olarak tanımlamak olanaksızdır. Hesap için önerilecek elastisite modülünü, bütün değişkenleri dikkate alarak tanımlamak da elbette pratik olmayacaktır (Ersoy ve Özcebe, 2004). Bu nedenlerden dolayı aslında beton için tek ve herkes tarafından kabul edilen kesin bir elastisite modülünün tanımlanması imkansızdır. Betonun basınç dayanımı ve elastisite modülü ile yapılan deneysel çalışmalar incelendiğinde, bir basınç dayanımına karşı birden fazla elastisite modülü değerinin karşı geldiği görülmektedir. Bunun bir sonucu olarak birçok ülke yönetmeliğinde farklı bağıntılar sunulmaktadır. Dolayısıyla bu bağıntılar kullanıldığında belirli bir beton basınç dayanımı için farklı elastisite modülleri elde edilmektedir. Bu durum, aynı özellikte bir yapının elastisite modülü değeri için, yönetmeliklerinde verilen bağıntılar kullanılarak her ülkede farklı sonuçların bulunması anlamına gelmektedir. Halbuki bir beton dayanımı için tek bir elastisite

modülü verilmesi yerine deneysel verilere dayanarak belirli bir aralığın verilmesi daha gerçekçi olacaktır (Demir vd., 2007).

Bugün çeşitli ülkelerde yürürlükte olan yönetmeliklerde elastisite modülü, beton basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Ersoy ve Özcebe, 2004). Yapılan çalışmalar sonrasında betonların elastisite modülleri ile ilgili birçok bağıntı öne sürülmüştür. Bulunan bu bağıntılar genel olarak betonun basınç dayanımını kullanarak betonun elastisite modülünün bulunmasını sağlarlar. Fakat bu bağıntılarla bulunan elastisite modülleri betonun gerçek elastisite modüllerine ancak yakın değerler verebilirler (Özkul ve Saylan, 2009). Amerika Birleşik Devletleri ve Türkiye şartnamelerinde normal dayanımlı betonların elastisite modülü hesabı için beton dayanımı f_c (MPa), elastisite modülü E_c (GPa) olmak üzere aşağıda verilen bağıntılar önerilmiştir (Demir vd., 2007).

$$\text{ACI 318-95} \quad E_c = 4.73 (f_c)^{1/2}$$

$$\text{TS 500 (2000)} \quad E_c = 3.25 (f_c)^{1/2} + 14$$

Yüksek dayanımlı betonlar için bazı ülkeler tarafından teklif edilen bağıntılar ise f_c (MPa) ve elastisite modülü E_c (GPa) olmak üzere aşağıdaki denklemlerde verilmiştir (Demir, vd., 2007).

$$\text{ACI 363} \quad E_c = 3.32 (f_c)^{1/2} + 6.9$$

$$\text{CEB 90} \quad E_c = 10 (f_c + 8)^{1/3}$$

$$\text{NS 3473} \quad E_c = 9.5 (f_c)^{0.3}$$

Bu bağıntılar yardımıyla belli bir beton basınç dayanımı için tek bir elastisite modülü değeri elde edilir.

Bu çalışmada bilgisayar modellerinden olan Yapay Zekâ Yöntemlerinden Bulanık Mantık Yöntemi ve kuru karışım püskürtme betonun basınç dayanımından faydalanılarak, püskürtme betonun elastisite modülünün tahmin edilebilmesi için bir bulanık mantık algoritması tasarlanmıştır. Çalışmada, öncelikle belirli bir beton dayanımı için ACI 318-95 ve TS 500'e göre elde edilen elastisite modülü değerleri bulanık mantık yöntemi ile belirlenmiştir. Yönetmeliklerden elde edilen elastisite modülleri geliştirilen bulanık mantık modelinden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmada öncelikle, TS 11747- "Püskürtme Beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları" standardına uygun olarak (45cm × 45cm) 1 adet, ACI 506 şartnamesine uygun olarak (76cm × 76cm) 1 adet olmak üzere toplam 2 adet ahşap panel hazırlanmıştır (Şekil 2). Deney panellerine beton kalınlığı 12 cm olacak şekilde kuru karışım püskürtme beton uygulanmıştır.



Şekil 2. Püskürtme Beton Panelleri ve Panellere Kuru Karışım Püskürtme Betonun Uygulanması

Oluşturulan paneller 28 gün boyunca muhafaza edilerek kür edilmiştir. Kür süresi sonunda kuru karışım püskürtme betonun basınç dayanımı değerlerini elde etmek amacıyla narinlik oranı $\lambda = 1$ olan 13 adet karot numune alınarak basınç dayanımı deneyine tabi tutulmuştur. Basınç dayanımı deneyinden önce karot numunelerin üst yüzeylerinin paralel olması için kesilerek düzeltilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Panelden Karot Alımı ve Karotların Genel Görünümü

Şekil 4'de karot numunelerin basınç dayanım deneyi sonrasındaki kırılma mod şekli verilmiştir.



Şekil 4. Karot Numunelerinin Basınç Deneyi ve Sonrasındaki Görünümü

Karotun basınç dayanımı;

$$f_{k\lambda} = \frac{P_k}{F} = \frac{P_k}{0.785 d^2} \quad (1.1)$$

bağıntısından hesaplanmıştır.

Burada $f_{k\lambda}$ karot basınç dayanımı, F karot kesit alanı, d karot çapı ve P_k kırılma kuvvetidir. Bu bağıntıdan elde edilen basınç dayanımı sonuçları (1.1) ve (1.2) bağıntıları kullanılarak 150 mm x 150 mm x 150 mm standart küp dayanımına çevrilmiştir.

$$f_{15,k} = K_\lambda \cdot f_{k\lambda} \quad (1.2)$$

$f_{15,k}$ Karot basınç dayanımının küp dayanımına çevrilmiş halidir.

K_λ , Çevirme faktörü, λ karot narinlik oranı olup BS 1881’de

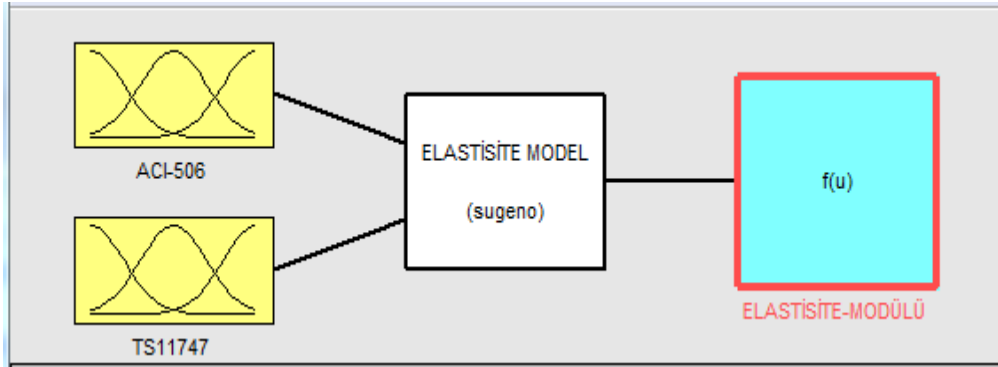
$$K_\lambda = \frac{2.5}{1.5 + \frac{1}{\lambda}} \quad (1.3)$$

olarak verilmektedir (Arıoğlu ve Yüksel, 1999).

3. Bulanık Mantık Modeli

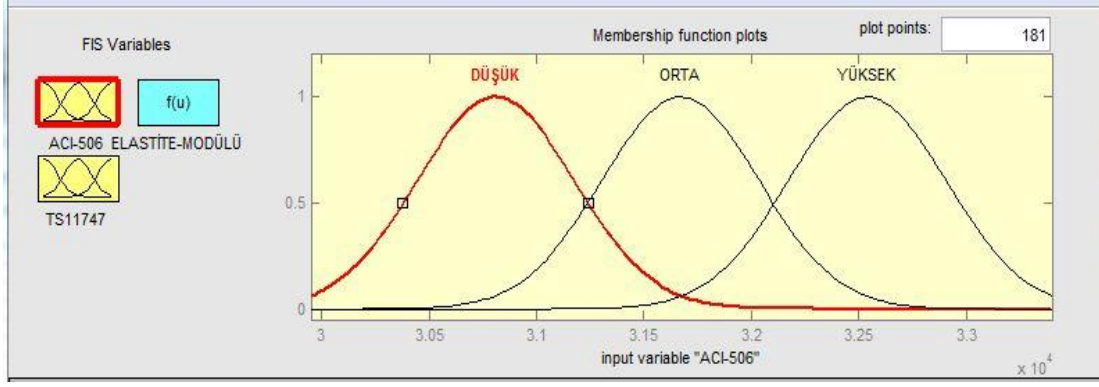
Modern bilgisayar biliminin gelişimi mühendislik problemlerinin çözüm metotlarını arttırmaktadır. Bunlardan Yapay Zekâ yöntemleri olarak bilinen Yapay Sinir Ağları; Fuzzy Küme Teorisi, Genetik Algoritmalar, Uzman Sistemlerdir. Geçen zaman içinde yapay sinir ağları ve diğer mantıksal programlama tekniklerinin ispatlanmış teorilerinin ortaya çıkartılması nedeniyle konu pek çok araştırmacının ilgisini çekmiştir (Budak ve Can, 2008).

Bu çalışmada bulanık mantık, püskürtme betonun elastisite modülünü belirlemek için kullanılmıştır. Modelde ACI 506 ve TS11747’ye uygun olarak hazırlanan panellerden alınan kuru karışım püskürtme beton karot numunelerinin basınç dayanımları girdi, elastisite modülü ise çıktı birimidir. Şekil 5’de geliştirilen modelin genel yapısı görülmektedir.

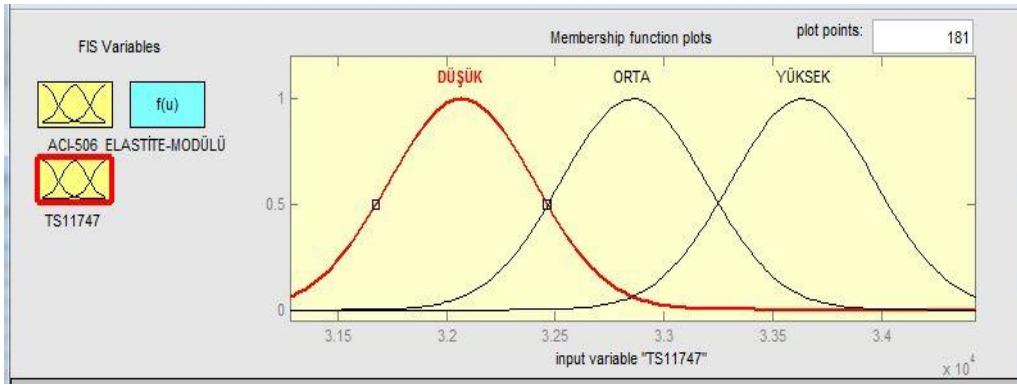


Şekil 5. Geliştirilen Bulanık Mantık Modelinin Genel Yapısı

Çalışmada 13 adet deneysel veri seti kullanılmıştır. Veri setlerinin 8’i modelin eğitimde 5 tanesi ise test aşamasında işlenmiştir. Modelde girdi olarak kullanılan ACI 506 ve TS11747’ye göre hazırlanan panellerden alınan numunelerin basınç dayanımı parametreleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları Şekil 6 ve Şekil 7’de gösterilmiştir.



Şekil 6. Panel için üyelik fonksiyonu (ACI 506)



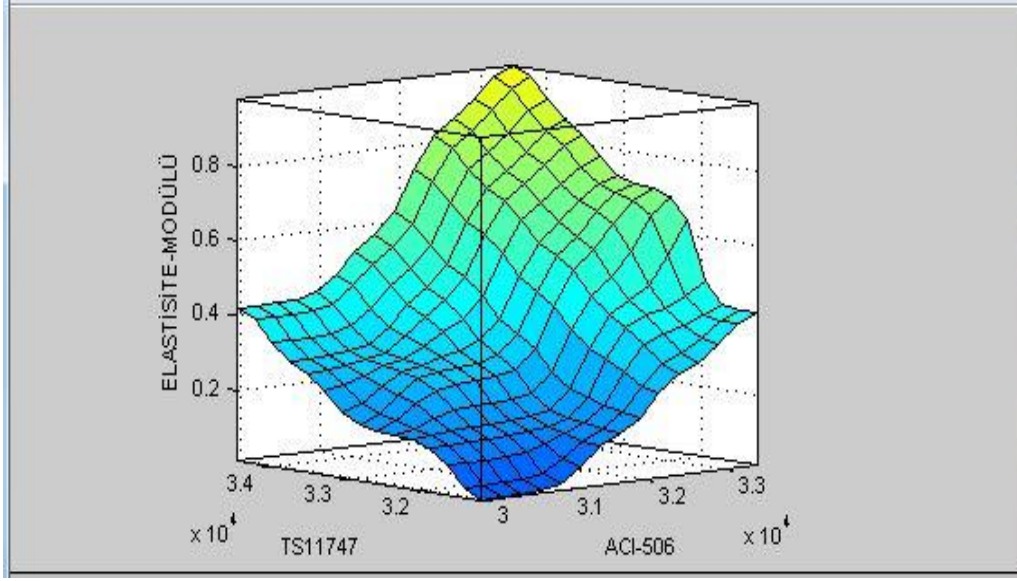
Şekil 7. Panel için üyelik fonksiyonu (TS11747)

Oluşturulan kural tabanı Şekil 8’de verilmiştir.

<ol style="list-style-type: none"> 1. If (ACI-506 is EN-DÜŞÜK) and (TS11747 is EN-DÜŞÜK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is DÜŞÜK) (1) 2. If (ACI-506 is EN-DÜŞÜK) and (TS11747 is DÜŞÜK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is DÜŞÜK) (1) 3. If (ACI-506 is DÜŞÜK) and (TS11747 is ORTA) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is ORTA) (1) 4. If (ACI-506 is ORTA) and (TS11747 is ORTA) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is ORTA) (1) 5. If (ACI-506 is YÜKSEK) and (TS11747 is ORTA) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is YÜKSEK) (1) 6. If (ACI-506 is YÜKSEK) and (TS11747 is YÜKSEK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is YÜKSEK) (1) 7. If (ACI-506 is YÜKSEK) and (TS11747 is EN-YÜKSEK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is YÜKSEK) (1) 8. If (ACI-506 is EN-YÜKSEK) and (TS11747 is YÜKSEK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is YÜKSEK) (1) 9. If (ACI-506 is EN-YÜKSEK) and (TS11747 is EN-YÜKSEK) then (ELASTİSİTE-MODÜLÜ is YÜKSEK) (1)
--

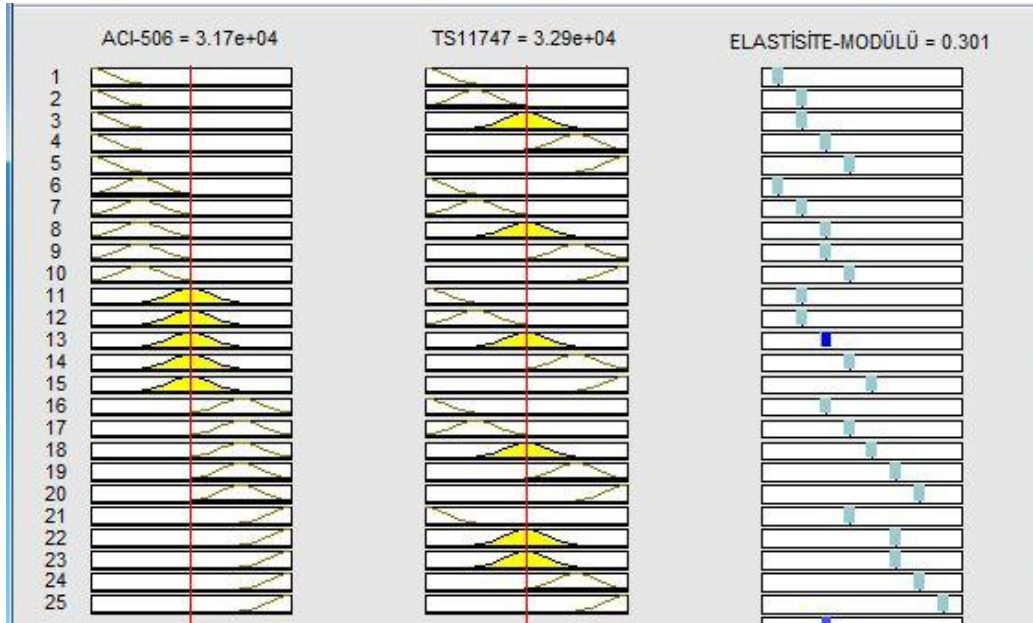
Şekil 8. Oluşturulan kural tabanı

Şekil 9’daki yüzey grafiği incelendiğinde ANFIS modeli ile basınç dayanımı ile elastisite modülü arasında yüksek bir korelasyon ilişkisi olduğu görülmektedir.



Şekil 9. Kural tabanı sonucunda oluşan yüzey grafiği

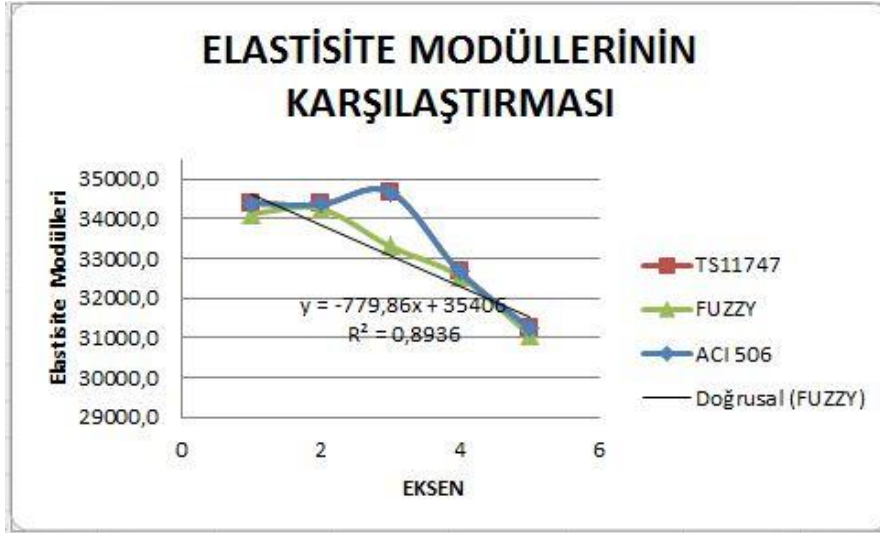
ACI 506 ve TS11747' e göre hazırlanan panellerden alınan karot numunelerinin basınç dayanımı değişkenleri ile elastisite modülü çıktı değişkenleri Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Basınç dayanımı girdileri ile elastisite modülü çıktı değişkenleri

4. Sonuçlar

Yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen verilerin sonuçları ile ACI 318-95 ve TS 500 standartları tarafından önerilen formüllerden elde edilen Elastisite Modülü değerleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda oluşturulan bulanık modelin sonuçları % 89 başarı ile tahmin edilmiştir. Basınç dayanımlarına karşılık gelen elastisite modülü değerleri Şekil 11'de karşılaştırılmıştır.



Şekil 11. Basınç dayanımlarına karşılık gelen elastisite modüllerinin karşılaştırılması

Bu çalışmada, bulanık mantık gibi yapay zeka yöntemlerinin kullanılmasıyla deneysel verileri yüksek oranda ve tutarlılıkla tahmin edebilen modellerin geliştirilmesi alternatif bir yöntem olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

4. Teşekkür

Bu çalışmayı 3348-YL1-12 No'lu Proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na ve TÜBİTAK'a (Proje No: 111M335) tüm içtenliğimizle teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

ACI 318-95, (1996). Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI Manual of Concrete Practice Part 3: Use of concrete in Buildings – Design, Specifications, and Related Topics, Detroit, Michigan.

ACI Committee 363, (1984). State-of-Art-Report on High Strength Concrete, ACI Journals 81(4): 364-411.

ACI 506, (1995). Guide to Shotcrete. Reported by ACI Committee 506. ACI 506 R- 90, Reapproved 1995.

Arıoğlu, E., ve Yüksel, A., (1999). Tünel ve Yeraltı Mühendislik Yapılarında Çözümlü Püskürtme Beton Problemleri. TMMOB. Maden Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 178s. İstanbul.

BS 1881-124, (1988). Testing Concrete, Part 124: Methods For Analysis of Hardened Concrete.

Budak, A., ve Can, İ., (2008). Yapay Sinir Ağları İle Tek Eksenli Bileşik Eğilme Altındaki Betonarme Kolon Kesitlerinin Donatı Hesabı. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 20, Sayı 1, 135-143 s.

CEB-FIB Model Code, (1993). Bull. D'information CEB, 213/214, Lausanne.

Demir, F., Tekeli, H., ve Korkmaz, A. K., (2007). Elastisite Modülünün Göreli Kat Ötelemelerinin Sınırlandırılmasına Etkisi. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Sigma, Cilt: 25, Sayı 2, 190-199 s.

Doğangün, A., (2008). Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı. Deprem Yönetmeliği 2007'ye Uygun, Birsen Yayınevi, 844s., İstanbul.

Ersoy, U., ve Özcebe, G., (2004). Betonarme, Temel İlkeler TS-500-2000 ve Türk Deprem Yönetmeliğine (1998) Göre Hesap, II. Baskı, Evrim Yayınevi, ISBN: 975-503-138-3, 816 s., İstanbul.

Norwegian Council for Building Standardization, (1992). Concrete Structures Design Rules NS 3473 E, Stockholm.

Özkul, B., ve Saylan, Ş., (2009). Eksenel Yüklü Kolonlarda Donatı Oranına Bağlı Olarak Elastisite Modülünün Belirlenmesi. ISSN:1306-3111, e-Journal of New World Sciences Academy 2009, Volume: 4, Number: 3, Article Number: 1A0029, 289-313.

Özkul, B., (2009). Betonarme Kolonların Eksenel Yük Altındaki Davranışı ve Elastisite Modülü Önerisi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 213 s., Balıkesir.

Türk Standartlar Enstitüsü 500, (2000). Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü Birinci Baskı, ICS 91.080.40, Ankara.

Türk Standartları Enstitüsü 11747, (1995). Püskürtme Beton (Shotcrete) Yapım, Uygulama ve Bakım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Birinci Baskı, ICS 91.100.30. Ankara.